621.771.22: 539.377: 536.5: 621.771.07

(231) 分塊ロールの熱応力計算

分塊ロールの折損に関する研究 (3)

新日本製鉄 生産技研 ○守末 利弥
〃 製品技研 鈴木 堯巳

1. 緒言

分塊ロールの実際のパススケジュールを，忠実にシミュレートした温度分布および熱応力分布を求めるため，特定のモデルを設定し計算式を導き，コンピュータープログラムを作成した。さらにこれを用い，基本的圧延スケジュール下における，温度，熱応力分布を計算した。

2 計算方法

温度のシミュレーションは，(1) ロール表層部の短周期現象，(2) ロール内部の長周期現象の2つに分けて行なった。

2.1；ロール表層部の温度分布　式(1)，(2)の1次元直角座標系熱伝導方程式を，(3)，(4)の境界条件のもとで解いた。ロール，インゴットの区間分割は，図1の如くした。

ロール表層部 $\partial\theta_R/\partial t = a_R\,\partial^2\theta_R/\partial r^2$ ……(1)　インゴット表層部 $\partial\theta_I/\partial t = a_I\,\partial^2\theta_I/\partial r^2$ ……(2)

境界条件　ロールとインゴットの接触時 $k_R\,\partial\theta_R/\partial r = k_I\,\partial\theta_I/\partial r\,|_{r=0}$ ……(3)

ロールとインゴットの非接触時 $k_R\,\partial\theta_R/\partial r = h_w(\theta_w - \theta_R)\,|_{r=0}$ ……(4)

2.2 ロール内部の温度分布

ロール内の長時間温度分布は，円柱座標系で行ない，次の差分熱伝導方程式から求めた。ロールの区間分割は図2の如くした。計算に用いた諸元を表1に示した。

$$\Delta\theta_i/\Delta t = 4a_R/(r_i^2 - r_{i-1}^2)\cdot\{r_i/(r_i^2 - r_{i-1}^2)\cdot(\theta_{i+1}-\theta_i) + r_{i-1}/(r_i - r_{i-2})\cdot(\theta_{i-1}-\theta_i)\}\quad\cdots\cdots(5)$$

表1　計算に用いた諸元（温度分布）

$\theta_R(r,t)$＝ロール内温度分布（位置r，時刻tにおける）	
h_w＝ロール・インゴット非接触時熱伝達率	a_R＝ロール温度伝導率
θw＝外気温度あるいは水温	a_I＝インゴット温度伝導率
t_n＝第n番目のロール・インゴット接触時刻	k_R＝ロール熱伝導率
r_0＝所定の値（図1 Cの場合 r_0＝4cm）	k_I＝インゴット熱伝導率
$\theta_I(r,t)$＝インゴット内温度分布	

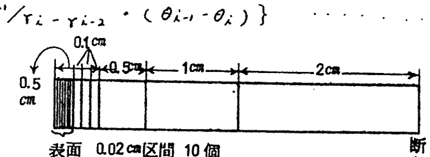

図1. ロール，インゴット表層部の区間分割

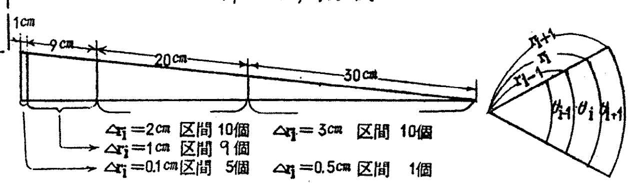

図2. 円柱座標におけるロール内部の区間分割

2.3 ロール表層部の短周期熱応力

応力増分－ひずみ増分関係式

$$0 = d\varepsilon_z^p + (1-\nu/E)\,d\sigma_z + d\alpha T\quad\cdots\cdots(6)$$

塑性ひずみ方程式　($|\sigma_z - \sigma_r| > \sigma_y$ のとき)

$$d\varepsilon_z^p = [d|\sigma_z-\sigma_r|/2H'|\sigma_z-\sigma_r|]\cdot(\sigma_z-\sigma_r)$$

$$d\varepsilon_\theta^p = d\varepsilon_z^p \qquad d\varepsilon_r^p = -2d\varepsilon_z^p\quad\cdots\cdots(7)$$

ロールインゴット接触非接触時における σ_r などから応力および塑性ひずみが求まる。

2.4 ロール内熱応力　弾性域における熱応力は(8)式から求めた

$$\sigma_r(r) = E\alpha/(1-\nu)\left\{\frac{1}{R^2}\int_0^R T(r)\,r\,dr - \frac{1}{r^2}\int_0^r T(r)\,r\,dr\right\}$$

$$\sigma_\theta(r) = E\alpha/(1-\nu)\left\{\frac{1}{R^2}\int_0^R T(r)\,r\,dr + \frac{1}{r^2}\int_0^r T(r)\,r\,dr - T(r)\right\}$$

$$\sigma_z(r) = E\alpha/(1-\nu)\left\{\frac{2}{R^2}\int_0^R T(r)\,r\,dr - T(r)\right\}\quad\cdots\cdots(8)$$

塑性域におけるおける熱応力は，集中定数系で近似して解析した。熱応力計算に用いた諸元を表2に示す

表2. 熱応力計算に用いた諸元

ε_k；	K方向の全直歪	E.；ヤング率
ε_k^p；	〃 塑性歪	ν；ポアソン比
σ_k；	〃 直応力	α；線膨張率
P；	圧延圧力	σ_y：降伏点．
T；	温度分布	